

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08086613
 PUBLICATION DATE : 02-04-96

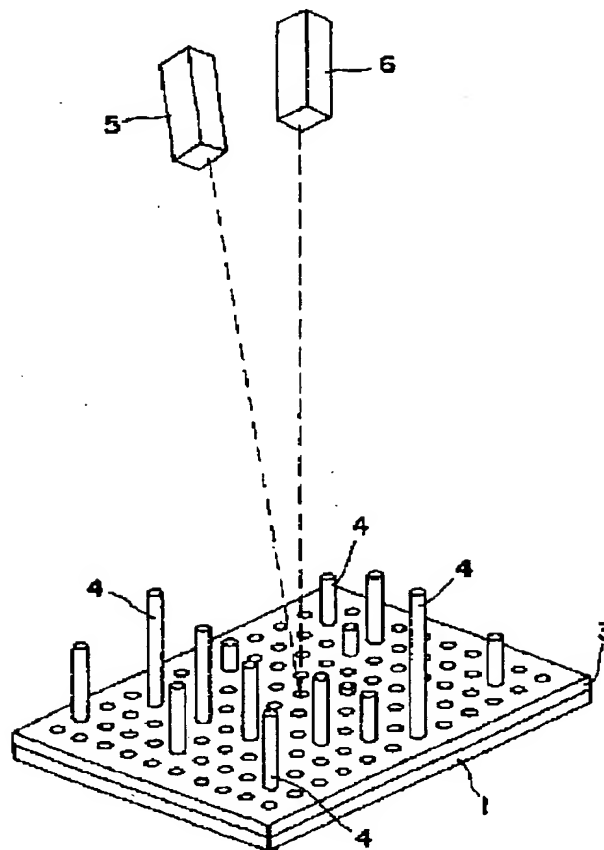
APPLICATION DATE : 19-09-94
 APPLICATION NUMBER : 06222855

APPLICANT : MEIDENSHA CORP;

INVENTOR : NIWAKAWA MAKOTO;

INT.CL. : G01B 11/00

TITLE : APPARATUS FOR CALIBRATING
 STEREO CAMERA



ABSTRACT : PURPOSE: To simply and correctly calibrate the position in space of a camera.

CONSTITUTION: The apparatus is equipped a calibration table consisting of a flat plate 1, a bored plate 3 and a plurality of calibration poles 4. The calibration poles 4 which are different in length from each other are fitted at random to optional holes 2 of the bored plate 3 and have tops of a different color from that of upper surfaces of the flat plate 1 and the bored plate 3. The calibration device calibrates cameras 5, 6 based on three-dimensional data of an image obtained on the basis of a calibration coefficient including aberrations of the two cameras 5, 6. The calibration coefficient including the aberrations of the cameras 5, 6 is obtained in accordance with a density value of the photographed image, based on which the three-dimensional data of the image are obtained to calibrate the cameras. The position in space of each camera can be simply and correctly calibrated in this manner.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-86613

(43)公開日 平成8年(1996)4月2日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 B 11/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平6-222855

(22)出願日

平成6年(1994)9月19日

(71)出願人

000006105

株式会社明電舎

東京都品川区大崎2丁目1番17号

(72)発明者

庭川 誠

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会

社明電舎内

(74)代理人

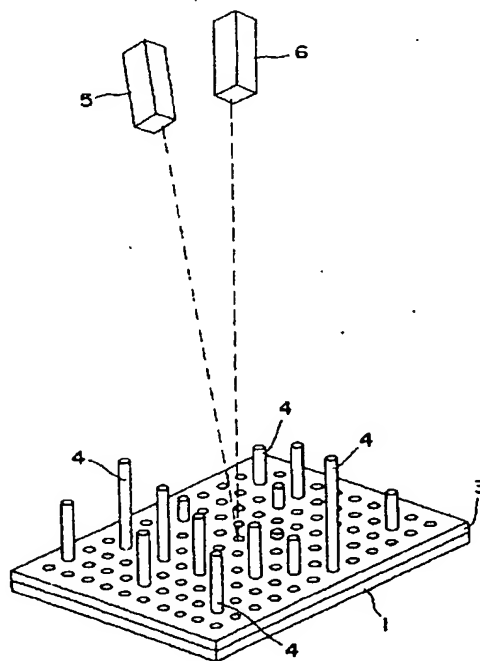
弁理士 光石 俊郎 (外1名)

(54)【発明の名称】 ステレオカメラ校正装置

(57)【要約】

【目的】 カメラの空間位置を簡単にしかも正確に校正する。

【構成】 平板1と穴あき板3と、穴あき板3の多数の穴2の任意の位置にランダムに嵌合され互いに長さが異なり且つ平板1の上面及び穴あき板3の上面と異なる色の頂部を有する複数の校正ボール4と、かかる校正テーブルを備え、二台のカメラ5、6の収差を含んだ校正係数に基づいて求められる画像の三次元情報によりカメラ5、6校正を行う校正処理装置を備え、撮影された画像の濃淡値に応じてカメラ5、6の収差を含んだ校正係数を求め、校正係数に基づいて画像の三次元情報を求めてカメラの校正を行い、カメラの空間位置を簡単にしかも正確に校正する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 平板の上面に設けられ多数の穴が形成されて該平板の上面と異なる色の上面を有する穴あき板と、該穴あき板の多数の穴の任意の位置にランダムに嵌合され互いに長さが異なり且つ前記平板の上面及び前記穴あき板の上面と異なる色の頂部を有する複数の棒材とからなる校正テーブルを備え、該校正テーブルの上面の略一点に互いの光軸が結ばれる複数台のカメラと、該カメラの収差を含んだ校正係数に基づいて求められる画像の三次元情報により該カメラの校正を行う校正処理装置とからなることを特徴とするステレオカメラ校正装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、複数のカメラによるステレオ視で求める三次元情報を校正するステレオカメラ校正装置に関する。

【0002】

【従来の技術】二台のカメラで物体を撮影した場合、互いの画像のずれによって奥行きを知覚するようになっている。この時カメラに写る物体までの距離（物体の位置）は、図7に示したように、カメラの座標系により次式のようにして求められる。

$$x_i = x \cdot L / x_1 - x_2, \quad y_i = y \cdot L / y_1 - y_2, \quad z_i = z \cdot L / z_1 - z_2$$

この際、対象となる物体までの距離を正確に測定するためには、カメラの空間位置が正確に校正されている必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来、カメラの空間位置を正確に校正するには以下の問題があった。

① 二台のカメラの空間位置を正確に計測し、機械的にカメラ位置を固定することはきわめて煩雑で手間がかかる。

② 仮に、二台のカメラの空間位置を正確に固定することができても、レンズ収差のために対象の物体までの距離に誤差が生じる場合がある。

【0004】本発明は上記状況に鑑みてなされたもので、カメラの空間位置を簡単にしかも正確に校正することができるステレオカメラ校正装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を解決するための本発明の構成は、平板の上面に設けられ多数の穴が形成されて該平板の上面と異なる色の上面を有する穴あき板と、該穴あき板の多数の穴の任意の位置にランダムに嵌合され互いに長さが異なり且つ前記平板の上面及び前記穴あき板の上面と異なる色の頂部を有する複数の棒材とからなる校正テーブルを備え、該校正テーブルの上面の略一点に互いの光軸が結ばれる複数台のカメラと、該カメラの収差を含んだ校正係数に基づいて求められる画

像の三次元情報により該カメラの校正を行う校正処理装置とからなることを特徴とする。

【0006】

【作用】複数台のカメラによって校正テーブルの上面を撮影する。平板の上面、穴あき板の上面及び棒材の頂部はそれぞれ色が異なっているので、この時撮影された画像には濃淡が現れる。校正処理装置では、この濃淡値に応じてカメラの収差を含んだ校正係数を求め、校正係数に基づいて画像の三次元情報を求めてカメラの校正を行う。

【0007】

【実施例】図1には本発明の一実施例に係るステレオカメラ校正装置の全体斜視、図2には校正テーブルの平面、図3には校正テーブルの側面、図4には校正ボールの外観、図5には校正回路のブロック、図6には三次元位置測定回路のブロックを示してある。

【0008】図1乃至図4に基づいて校正テーブルを説明する。平板1の上面には多数の穴2が形成された穴あき板3が設けられ、穴あき板3の多数の穴2の任意の位置には棒材としての校正ボール4がランダムに嵌合されている。平板1の上面は黒色に塗られ、穴あき板3の上面は灰色に塗られ、校正ボール4の頂部は白色に塗られている。また、校正ボール4は長さがランダムに設定されている。校正テーブルの上部には二台のカメラ（左カメラ5、右カメラ6）が内斜視に配されており、左カメラ5、右カメラ6の光軸は校正テーブルのある一点におおよそ結ばれるようになっている。左カメラ5、右カメラ6によって校正テーブルの上面の画像が撮影される。尚、カメラの台数は二台に限定されず三台以上の複数台用いることも可能である。

【0009】図5に基づいて校正回路を説明する。左カメラ5、右カメラ6によって撮影された画像は、対応付け回路7に入力され、対応付け回路7では画像の濃淡度に基づいて対応付けが行われる。対応付け回路7の情報は校正係数処理回路8に入力され、校正係数処理回路8では校正係数が求められる。図6に基づいて三次元位置測定回路を説明する。校正回路と同様に左カメラ5、右カメラ6によって撮影された画像は、対応付け回路7に入力され、対応付け回路7では画像の濃淡度に基づいて対応付けが行われる。対応付け回路7の情報は三次元位置処理回路9に入力され、三次元位置処理回路9には校正係数処理回路8で求められた校正係数が入力される。三次元位置処理回路9では、対応付け回路7の情報と校正係数に基づいて撮影点の三次元位置が求められる。図5、図6で示した校正回路及び三次元位置測定回路によって校正処理装置が構成されている。

【0010】上述したステレオカメラ校正装置による校正の手順を具体的に説明する。先ず図1に示したように、校正テーブル上に校正ボール4をランダムな位置に立て、左カメラ5及び右カメラ6を内斜視に配して校正

3

テーブルの画像を撮影する。平板1の上面は黒色に塗られ、穴あき板3の上面は灰色に塗られ、更に校正ボール4の頂部は白色に塗られているため、校正テーブルの画像は色分けされた状態になっている。

【0011】図5に示したように、左カメラ5及び右カメラ6の画像は対応付け回路7に入力される。この画像*

$$\text{Corr}(x_L - x_R, y_L - y_R) = \iint [I_L(x_L, y_L) - R(y_R, y_R)]^2 dx dy \quad \dots(1)$$

$$L(x, y) = \begin{cases} IL(x, y) & x, y \in S \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$$

$$R(x, y) = \begin{cases} IR(x, y) & x, y \in S \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$$

IR, IL は画像の濃淡値。

Sは相関をとるウインドウサイズ

【0012】校正ボール4の頂部 (xw, yw, zw) において、対応付けられた左右の画像の座標を (xl, yl)、(xr, yr) とする。対応付けられた左右の画像の座標である対応点を複数個求める。この対応点を※20

※用いて、最小二乗法により次式(2)の校正係数a0～a20を求める(校正係数処理回路8)。

【数2】

$$\begin{bmatrix} xw \\ yw \\ zw \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a0 & a1 & a2 & a3 & a4 & a5 & a6 \\ a7 & a8 & a9 & a10 & a11 & a12 & a13 \\ a14 & a15 & a16 & a17 & a18 & a19 & a20 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ dx \\ dx^2 \\ dy \\ dy^2 \\ dx dy \\ r^2 \end{bmatrix} \quad \dots(2)$$

$$dx = xl - xr$$

$$dy = yl - yr$$

$$r^2 = dx^2 + dy^2$$

【0013】図6に示したように、左カメラ5及び右カメラ6の画像は対応付け回路7に入力される。前述同様に、相互相関式により対応付けられた左右の画像の座標である対応点 (xl, yl)、(xr, yr) を求める(対応付け回路7)。前述の校正係数処理回路8により求められた校正係数a0～a20を用いて以下に示した演算式により (xw, yw, zw) を計算し、校正ボール

4の頂部の三次元位置を求める(三次元位置処理回路9)。尚、以下に示した演算式は、xwを求めて方程式を解き、校正係数a0～a6を求める例を示してあるが、yw, zwを求めて同様に方程式を解き、校正係数a7～a13及び校正係数a14～a20を求めることができる。

【数3】

4

*は三色に色分けされた状態になっているので、画像の濃淡度を用いて対応付け回路7で対応付けが行われる。対応付けは、次式(1)の相互相関式により相関値Corrの最小値を求める(対応付ける：対応付け回路7)。

【数1】

(4)

5

$$xw = a_0 + a_1 \cdot dx + a_2 \cdot dx^2 + a_3 \cdot dy + a_4 \cdot dy^2 + a_5 \cdot dx \cdot dy + a_6 \cdot r^2$$

6

$$Q = \sum_{i=1}^N (xw_i - (a_0 + a_1 \cdot dx_i + a_2 \cdot dx_i^2 + a_3 \cdot dy_i + a_4 \cdot dy_i^2 + a_5 \cdot dx_i \cdot dy_i + a_6 \cdot r_i^2))^2$$

$$\frac{aQ}{aa_0} = \frac{aQ}{aa_1} = \frac{aQ}{aa_2} = \frac{aQ}{aa_3} = \frac{aQ}{aa_4} = \frac{aQ}{aa_5} = \frac{aQ}{aa_6} = 0 \quad (a: \text{偏微分の意})$$

$$a_0 N + a_1 \sum dx_i + a_2 \sum dx_i^2 + a_3 \sum dy_i + a_4 \sum dy_i^2 + a_5 \sum dx_i \cdot dy_i + a_6 \sum r_i^2 = \sum xw_i$$

$$a_0 \sum dx_i + a_1 \sum dx_i^2 + a_2 \sum dx_i \cdot dy_i + a_3 \sum dx_i^3 + a_4 \sum dx_i^2 \cdot dy_i + a_5 \sum dx_i \cdot dy_i^2 + a_6 \sum dx_i \cdot r_i^2 = \sum dx_i \cdot xw_i$$

$$a_0 \sum dy_i + a_1 \sum dx_i \cdot dy_i + a_2 \sum dy_i^2 + a_3 \sum dx_i^2 \cdot dy_i + a_4 \sum dx_i \cdot dy_i^2 + a_5 \sum dy_i^3 + a_6 \sum dy_i \cdot r_i^2 = \sum dy_i \cdot xw_i$$

$$a_0 \sum dx_i^2 + a_1 \sum dx_i^3 + a_2 \sum dx_i^2 \cdot dy_i + a_3 \sum dx_i^4 + a_4 \sum dx_i^3 \cdot dy_i + a_5 \sum dx_i^2 \cdot dy_i^2 + a_6 \sum dx_i^2 \cdot r_i^2 = \sum dx_i^2 \cdot xw_i$$

$$a_0 \sum dx_i \cdot dy_i + a_1 \sum dx_i^2 \cdot dy_i + a_2 \sum dx_i \cdot dy_i^2 + a_3 \sum dx_i^3 \cdot dy_i + a_4 \sum dx_i^2 \cdot dy_i^2 + a_5 \sum dx_i \cdot dy_i^3 + a_6 \sum dx_i \cdot dy_i \cdot r_i^2 = \sum dx_i \cdot dy_i \cdot xw_i$$

$$a_0 \sum dy_i^2 + a_1 \sum dx_i \cdot dy_i^2 + a_2 \sum dy_i^3 + a_3 \sum dx_i^2 \cdot dy_i^2 + a_4 \sum dx_i \cdot dy_i^3 + a_5 \sum dy_i^4 + a_6 \sum dy_i^2 \cdot r_i^2 = \sum dy_i^2 \cdot xw_i$$

$$a_0 \sum r_i^2 + a_1 \sum dx_i \cdot r_i^2 + a_2 \sum dx_i^2 \cdot r_i^2 + a_3 \sum dy_i \cdot r_i^2 + a_4 \sum dx_i \cdot dy_i \cdot r_i^2 + a_5 \sum dx_i^2 \cdot dy_i \cdot r_i^2 + a_6 \sum r_i^6 = \sum r_i^2 \cdot xw_i$$

【0014】このようにして、校正ボール4の頂部の三次元位置を求め、校正テーブルと画像によって校正を行い、左カメラ5及び右カメラ6の位置を正確に計測することをなす。また、校正テーブルと画像によって校正を行っているので、左カメラ5及び右カメラ6のレンズの収差が取り除かれている。

【0015】

【発明の効果】本発明のステレオカメラ校正装置によると、校正テーブルと画像によってカメラの空間位置の校正を行うことができるため、カメラの位置を正確に計測する必要がない。よって、正確且つ容易に三次元情報を校正することができる。また、カメラのレンズ収差を取り除くことができるので、画像の四隅でも正確に三次元情報を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係るステレオカメラ校正装置の全体斜視図。

*【図2】校正テーブルの平面図。

【図3】校正テーブルの側面図。

【図4】校正ボールの外観図。

【図5】校正回路のブロック図。

【図6】三次元位置測定回路のブロック図。

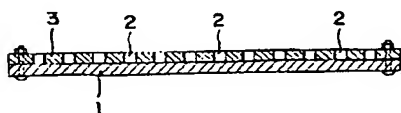
【図7】ステレオ視の概念図。

30 【符号の説明】

- 1 平板
- 2 穴
- 3 穴あき板
- 4 校正ボール
- 5 左カメラ
- 6 右カメラ
- 7 対応付け回路
- 8 校正係数処理回路
- 9 三次元位置処理回路

*40

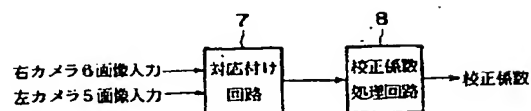
【図3】



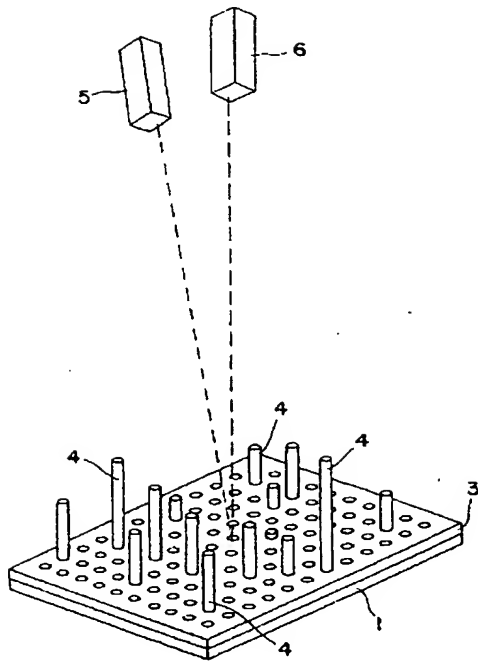
【図4】



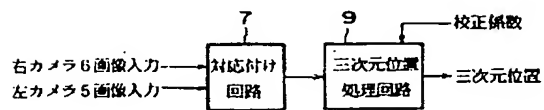
【図5】



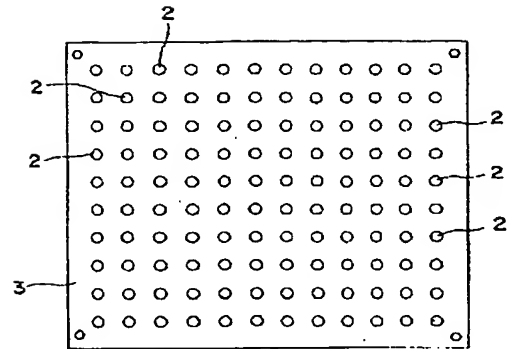
【図1】



【図6】



【図2】



【図7】

